

# revista Higiene Alimentar

abril 2008

volume 22 – nº 160

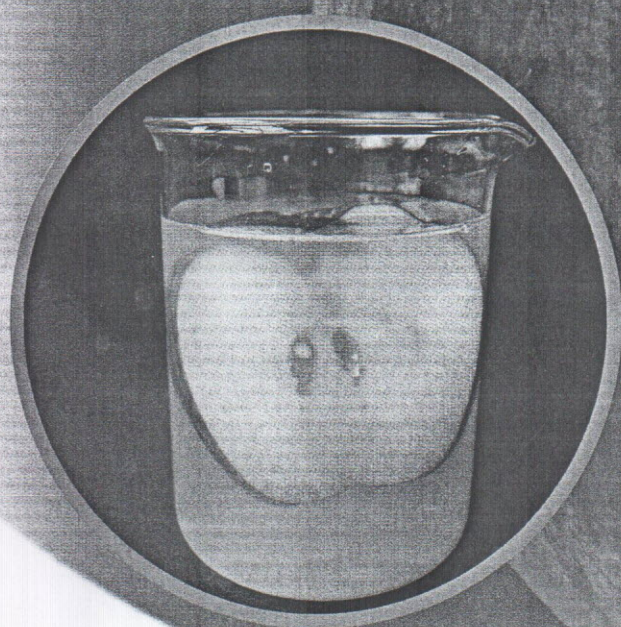


ISSN 0101-9171

Indexada nas seguintes  
bases de dados:  
CAB ABSTRACTS  
(Inglaterra)  
LILACS-BIREME (Brasil)  
PERI-ESALQ (Brasil)  
BINAGRI-MAPA (Brasil)

Afiliada à:  
Associação Brasileira de  
Editores Científicos e

**ANATEC**  
PUBLICAÇÕES ESPECIALIZADAS



## FRUTOS MINIMAMENTE PROCESSADOS: AUMENTO DA VIDA COMERCIAL.

Ainda emergente no Brasil e já bastante comum nos Estados Unidos, o mercado de frutos preparados para consumo representa evolução tecnológica e valor agregado, mormente com o advento das soluções filomogênicas, que permitem significativa extensão da vida de prateleira dos produtos.

LEIA TAMBÉM OUTROS TRABALHOS INÉDITOS.

- CONTROLE DE SOBRAS LIMPAS EM RESTAURANTE. ❖ ALFACE ORGÂNICA: EFICIÊNCIA DE SANITIZANTES.  
ANÁLISE DE ALIMENTOS E O PREPARO DE AMOSTRAS. ❖ MEL IRRADIADO: EFEITO FÍSICO-QUÍMICO E SENSORIAL.  
COMERCIALIZAÇÃO DE CARNES EM FEIRA-LIVRE. ❖ SÃO LUÍS, MA: AVALIAÇÃO DE SORVETE ARTESANAL.



# REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS PROTETORES EM FRUTOS MINIMAMENTE PROCESSADOS.

Odílio Benedito Garrido de Assis ☒

Lucimara Aparecida Forato

Douglas de Britto

Embrapa Instrumentação Agropecuária - CNPDIA, São Carlos, SP.

☒ odilio@cnpdia.embrapa.br

## RESUMO

Filmes processados a partir de polímeros naturais não tóxicos têm se firmado como uma nova categoria de materiais de alto potencial, para aplicação como revestimentos protetores comestíveis sobre frutos e legumes, principalmente produtos minimamente processados. Esses revestimentos podem ser hidrofílicos ou hidrofóbicos e têm como principal finalidade reduzir a atividade respiratória, preservando por um período maior de tempo suas características fisiológicas. Além de limitar a respiração, esses materiais atuam contra o escurecimento que ocorre em frutos minimamente processados e apresentam ações bactericidas, reduzindo a incubação e o crescimento de organismos patogênicos sobre as superfícies cortadas. Neste trabalho apresentamos uma visão geral do processamento e atuação dessas coberturas. Como exemplo ilustrativo, filmes hidrofílicos e hidrofóbicos foram aplicados sobre maçãs fatiadas. O primeiro a partir de quitosana, um polissacarídeo hidrofílico de origem animal e o segundo, ba-

seado em formulações a base de zeínas, proteínas hidrofóbicas de reserva do milho. Além de detalhes de preparação dos géis precursores, resultados com respeito à perda de massa e taxa de redução de fungos sobre superfícies são apresentadas.

*Palavras-chave:* revestimento comestíveis, minimamente processados, quitosana, zeínas, ação fungistática.

## SUMMARY

*Films processed from natural and non-toxic polymers have been considered a new category of materials for potential applications as protective coatings on fruits and vegetables, mainly for minimally processed products. Such coatings can be either hydrophilic or hydrophobic and the main aim is to reduce the fruit's respiratory activity, therefore increasing its original physiological characteristics. These materials limit the respiration, have activity against browning, which are common on processed fruits, and also present some antimicrobial activity against bacteria and fungi, reducing microorganism*

*proliferation over the cut surfaces. In this work an overview of the general film processing and features of these films are presented. As illustrative example, hydrophilic and hydrophobic coatings are applied on cut apples. The first obtained from chitosan, a hydrophilic polysaccharide from animal origin; the second, a formulation based on zeins, storage proteins from maize. Gel details preparation and results concerning mass lost and fungi reduction on the surfaces is also presented.*

**Key Words:** Edible film, minimally processed, chitosan, zeins, fungal inhibitor.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Revestimentos Comestíveis

A aplicação de revestimentos e coberturas, comestíveis ou não, em produtos naturais, particularmente sobre frutas e vegetais com o objetivo de aumentar o seu período de conservação, não con-



siste em prática recente. Segundo Hardenburg (1967), emulsões derivadas de óleos minerais têm sido empregadas desde o século 13 na China, para elevar a conservação de frutos cítricos e demais produtos perecíveis que eram transportados por longas distâncias.

No período das navegações e das grandes expansões territoriais, frutos e legumes tropicais eram transportados das colônias aos impérios imersos em tonéis com banha ou acondicionados em recipientes saturados de mel.

Na década de 1950, a cera de carnaúba foi o principal produto introduzido para preservar frutos. Contudo, devido à aparência fosca resultante de sua aplicação, polietileno e parafinas foram adicionados para um obter um melhor resultado visual. Nos anos de 1960 vernizes processados a partir de gomas solúveis em água se tornam populares no revestimento de cítricos e frutas em geral. Entretanto, as coberturas denominadas "comestíveis" como hoje conhecemos são mais recentes, e datam das décadas finais do século passado (o termo surgiu por volta de 1970), e vieram acompanhados da expansão na oferta de produtos processados.

A indústria dos chamados alimentos minimamente processados foi inicialmente introduzida com o objetivo de suprir restaurantes, hotéis, quartéis e instituições similares. Nas últimas décadas, entretanto, em função das conveniências da vida moderna, da redução do tamanho das famílias e do aumento do poder aquisitivo, os produtos processados experimentaram uma significativa aceitação e conseqüente expansão de mercados, com variada oferta de opções no varejo e facilidade de escolha para o consumo direto.

Nos Estados Unidos, o mercado de frutas cortadas e prontas para o consumo é estimado em 10 bilhões de dólares, o que representa algo em torno de 10% do total de frutas consumidas (BETT et al., 2001), e segundo Lin, (2004), o consumo *per capita* das fru-

tas processadas nos EUA tem crescido em uma escala de 5% ao ano.

No Brasil, frutas e vegetais minimamente processados foram timidamente introduzidos no mercado no início da década de 1990 no estado de São Paulo (CLEMENTE, 1999). Estima-se hoje um crescimento anual próximo a 20%, o que representa um movimento anual próximo a R\$ 450 milhões, só no mercado nacional (FARES & NANTES, 2001). Essa taxa de crescimento é inferior apenas à observada para a China, com dados superiores a 20 % anuais (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2003). Na realidade, o aumento na demanda por frutos processados é mundial, seguindo uma tendência do consumidor em adquirir frutos e vegetais higienizados, cortados e prontos para o consumo.

Contudo, os produtos processados apresentam diversos problemas técnicos e de preservação, o que os tornam consideravelmente mais perecíveis que os frutos *in natura* (não processados). As superfícies expostas desencadeiam uma série de reações fisiológicas, tornam-se inevitavelmente suscetíveis à ação do ar, acelerando a oxidação e subseqüente escurecimento e principalmente facilitando a contaminação por microorganismos (SOLIVA-FORTUNY & MARTIN-BELLOSO, 2003). Paralelamente, uma das respostas comuns da maioria dos tecidos vegetais frente a situações de *stress* e danos é a indução da biossíntese de etileno, o que sugere que este hormônio pode atuar como um sinal que coordena e regula os diferentes mecanismos que se desencadeiam como defesa frente a estas situações adversas (BOLLER, 1991; ZACARÍAS, 1993). Ou seja, procedimentos de limpeza, corte, polimento, remoção de pele e mesmo de práticas não cuidadosas de empacotamento e transporte, introduzem alterações nas condições naturais, gerando superfícies danificadas e desprotegidas que aceleram a maturação.

Os chamados *fresh-cut* e *ready-to-eat* são os seguimentos que mais requerem cuidados e tecnologias específicas para a guarda e manutenção apropriada de suas qualidades nutricionais (WILEY, 1997). Mesmo quando acondicionados em "bandejas" e embalados, as condições de guarda são fundamentais. Ambientes inadequados com baixa umidade podem provocar rachaduras e aceleram a desidratação. Por outro lado, condições úmidas favorecem o ataque por fungos e microrganismos, inviabilizando rapidamente o produto ao consumo humano. As dificuldades encontradas para a manutenção de condições aclimatizadas que garantam armazenamento prolongado de forma adequada, têm representado custos que, somados aos prejuízos, atingem a casa dos milhões de reais.

As alternativas tecnológicas hoje disponíveis para uma melhor preservação, baseiam-se no uso de embalagens poliméricas e na manutenção constante de ambientes refrigerados, e ainda nestas condições, há significativas perdas de qualidade (OSTLER & BRACKMANN, 1999; BENDER & LUNARDI, 2001). Em alguns produtos mais nobres, atmosferas modificadas com a presença de gases, que atuam na redução dos processos metabólicos e na respiração, têm sido empregadas. Essas condições, contudo, são na prática complexas, caras e suscetíveis a fatores externos como quedas de energia ou vazamentos, inviabilizando muitas vezes a manutenção desses procedimentos por períodos superiores a quatro ou cinco dias.

O uso de revestimentos comestíveis, não tem como objetivo, substituir o emprego de materiais convencionais de embalagens. Os revestimentos comestíveis devem ter uma atuação funcional, de preservar a textura e o valor nutricional, reduzir os fenômenos de transporte superficial e principalmente limitar a perda ou o ganho excessivo de água (BALDWIN, 1999).



Além disso, os revestimentos comestíveis sobre alimentos devem apresentar certas peculiaridades como serem invisíveis, terem aderência suficiente para não serem facilmente removidos no manuseio e não introduzirem alterações no gosto ou odores originais.

Embora atributos de qualidade sejam os objetivos principais de um revestimento, pesquisas indicam que o consumidor dá ênfase às características visuais. Conforme dados apresentados nos trabalhos de Ahvenainen (1996) e de Nassu et al., (2001), a principal preocupação de consumidores padrões está em adquirir produtos com aparência de frescos e saudáveis, com cores vivazes e razoavelmente livres de defeitos.

## 1.2. Senescência e respiração em Frutos

Um fruto ou um legume, assim como qualquer produto alimentício está, em condições naturais, envolto por uma atmosfera gasosa composta de oxigênio, dióxido de carbono e nitrogênio, além de estar exposto a ações de temperatura e de incidência de luz.

Mesmo após a colheita, frutos e vegetais continuam a respirar, transpirar e produzir hormônios de amadurecimento, alterando o equilíbrio inicial, o que resulta em variações nas concentrações de dióxido de carbono, oxigênio, água e etileno ao longo da estocagem. Flutuações na composição gasosa nem sempre resultam em influência negativa nas características de cor, textura ou qualidade nutricional (LEE et al., 1995). Sob condições ideais, a maioria das plantas, incluídos seus frutos, respira aerobicamente. A respiração aeróbica envolve a quebra de moléculas de carboidratos obtidos durante a fotossíntese. A queima lenta desses compostos ricos em energia, dos quais um dos mais simples é a glicose, constitui atividades metabólicas bem conhecidas e são usadas na formação de adenosina trifosfato (ATP). Durante o processo respiratório normal, a planta usa o oxigênio da atmosfera como um aceptor de elétrons no processo de fosforilação e libera dióxido de carbono.

Quando o fruto é colhido, há uma interrupção neste balanço gasoso, ocor-

rendo um alto influxo do oxigênio com proporcional perda do  $\text{CO}_2$ . Nessa nova condição (alta concentração de  $\text{O}_2$  com baixa de  $\text{CO}_2$ ), as células internas não são mais renovadas e a respiração aumenta, o que provoca uma queda metabólica levando o fruto a um gradual amadurecimento. Com o corte e processamento esta condição é favorecida.

Com a aplicação de revestimentos, tem-se a formação de uma cobertura com preenchimento parcial dos estômatos, reduzindo dessa forma a transferência de umidade (transpiração) e as trocas gasosas (respiração). Como o início do processo de maturação está estreitamente associado ao aumento na produção de etileno e considerando que  $\text{O}_2$  é necessário para a sua produção, a redução da permeação de  $\text{O}_2$  para o interior do fruto gerará uma correspondente redução na produção de etileno (QI & WATADA, 1999), o que permite, em princípio, prolongar a vida do fruto. Deve ser observado que uma redução significativa de  $\text{O}_2$  pode acarretar em uma mudança para respiração anaeróbica resultando ao longo do tempo em um aumento de metabolismos indesejáveis, principalmente a ocorrência de fermentação (SOLOMOS, 1997).

Em alguns produtos vegetais, a desidratação superficial é que é o principal responsável pela alteração de cores e fuga de solutos. Esse fenômeno se traduz na perda de massa o que geralmente ocorre pela saída na forma de vapor de água para o meio circundante. Lipídios, polissacarídeos e proteínas são os produtos comumente empregados na formação das coberturas comestíveis sobre frutas, com vantagens e desvantagens específicas de cada material (BALDWIN et al., 1995). Têm sido tentativas recorrentes na pesquisa de superfícies ativas a deposição de multicamadas ou de estruturas compósitas e combinações destes ou adição de demais materiais

A Figura 1 resume as principais trocas que ocorrem na superfície.

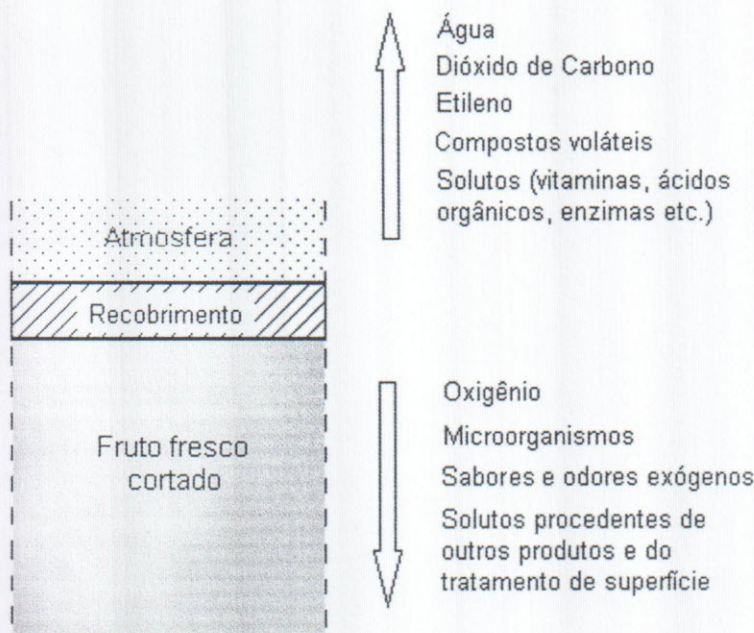


Figura 1. Fenômenos de transporte que se estabelecem entre superfícies frescas cortadas e o ambiente externo. Baseado em Martín-Belloso et al., 2005.



### 1.3. Revestimentos hidrofílicos e hidrofóbicos

Na Unidade da Embrapa Instrumentação Agropecuária, em São Carlos, SP, estamos avaliando formulações de polissacarídeos e de proteínas que geram filmes poliméricos hidrofílicos e hidrofóbicos. Polissacarídeos são materiais naturalmente hidrofílicos cuja afinidade por água está associada à predominância de grupos altamente polares como as hidroxilas e amino. Os grupos amino ocorrem por ligações covalentes (N-H), onde a eletronegatividade das ligações geram sítios de elevada polaridade tornando assim favorável o rearranjo e estabelecimento de moléculas de água em torno desses sítios. Esta característica estrutural, associada a grupos do tipo acetamido, que também são polares e estão presentes na maioria das cadeias poliméricas, definem assim o material como de alto grau de retenção de água (SIGNINI & CAMPANA-FILHO, 2001).

Os filmes hidrofóbicos são geralmente à base de lipídios ou proteínas e agem como barreiras controladoras de umidade, oxigênio, dióxido de carbono, óleos e demais compostos voláteis, atuando eficientemente contra a dete-

rioração natural. Entretanto, as proteínas por si só formam filmes frágeis e com baixa flexibilidade, tornando-se quebradiços principalmente com alterações de umidade e temperatura. Para essas formulações há quase sempre a necessidade da adição de plastificantes como glicerol, propileno-glicol, álcoois polihídricos e ácidos graxos para elevar a plasticidade, gerando um material com maior alongamento e flexibilidade (ANDRES, 1984; BRITTO et al., 2005). Do mesmo modo, formulações à base de proteínas com adição e plastificantes geram filmes com propriedades mecânicas superiores aos filmes produzidos a partir de polissacarídeos (SOBRAL et al., 2005).

Na Tabela 1 encontra-se listados os principais materiais empregados para o revestimento de frutos e legumes e suas principais ações conforme apresentado na literatura (em formulações sem aditivos), (KESTER & FENNELMA, 1988; BALDWIN, et al., 1995; HOFFMAN et al., 2001; MARTÍN-BELLOSO et al., 2005).

A principal classe de proteínas avaliadas para produção de filmes comestíveis são as chamadas zeínas, que são proteínas de reserva do milho e classi-

ficadas de acordo com o seu tamanho e solubilidade. As mais abundantes são conhecidas como zeínas e são solúveis em soluções aquosas de etanol a 70% e constituídas por duas frações protéicas com 19 e 22 KDa de massa relativa (FORATO, 2004). Essas proteínas são hidrofóbicas devido à presença de resíduos de aminoácidos apolares e, portanto insolúveis em água (POL et al., 2002).

Neste trabalho apresentaremos resultados obtidos em revestimento de maçãs fatiadas revestidas com quitosana, um polissacarídeo hidrofílico de elevada ação fungicida (DEVLEIGH, et al., 2004), obtido a partir da desacetilação da quitina extraída de resíduos da indústria pesqueira e revestidas com zeínas extraídas do glúten de milho e comparadas com respeito à perda de massa, aparência e ação bacteriana em condições não controladas de estocagem.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Preparação das soluções

As soluções precursoras, para o processamento dos filmes de polissacarídeos (hidrofílicos), foram prepara-

Tabela 1- Materiais usualmente empregados como revestimento e suas principais ações.

Recobrimento	Principal ação
Alginato	Redução das perdas de água
Caseína / Monoglicérido acetilado Monoglicérido de ácido graxo	Barreira a gases, manutenção da cor
Amilose/ amilopectina	Barreira a gases; melhora da cor e da firmeza; ação antifúngica
Zeínas	Barreira a gases; redução de perdas de água, ação antimicrobiana e manutenção da firmeza
Pectina	Barreira a gases; ação antifúngica, manutenção da firmeza
Lipídios	Barreira a gases; redução de perdas de água
Carboximetilcelulose (CMC)	Barreira a gases, manutenção da cor
Albúmen do ovo	manutenção da cor e redução do escurecimento
Proteína do soro do leite	Barreira a gases; redução de perdas de água; manutenção da cor
Proteínas de soja	Barreira a gases; redução de perdas de água; manutenção da firmeza
Cera de carnaúba	Barreira a gases; redução de perdas de água; diminuição da desidratação superficial
Cera de abelhas	Barreira a gases; redução de perdas de água; diminuição da desidratação superficial
Quitosana	Ação antimicrobiana; manutenção da cor e redução do escurecimento
Goma xantana	Redução de perdas de água, diminuição da desidratação superficial
Carragenato	redução de perdas de água



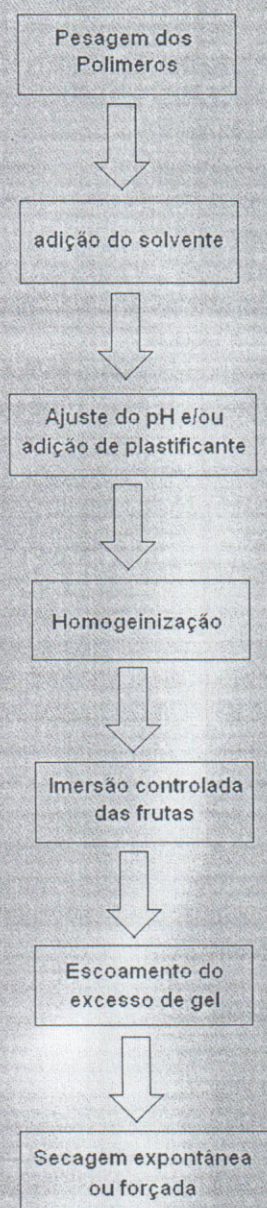


Figura 2. Sequência geral da preparação do gel e deposição sobre frutos fatiados.

das a partir de quitosana de origem comercial (Polymar, CE), procedente da purificação de quitinas extraídas de cascas de camarão. Esse material apresenta aspecto granular, ligeiramente amarelado, podendo ser classificado como um polímero de média massa molar (SIGNINI & CAMPANA-FILHO, 1998).

Os géis foram obtidos por dissolução sob agitação moderada em ácido acético 0,5 mol/L até equilíbrio em pH próximo a 3. Estudos preliminares indicaram que os melhores resultados na formação de filmes são conseguidos com soluções com concentrações de quitosana próximos a 2,0 g/L (Assis & Pessoa, 2004). Períodos superiores a 5 horas de agitação foram necessários para garantir uma total homogeneização da mistura.

Para simplificar o processo, todo o procedimento foi realizado na temperatura ambiente. Na elaboração dos filmes de proteínas (hidrofóbicos), utilizou-se a mesma concentração de zeínas, 2,0 g/L dissolvidas em solução composta de 70% de etanol e 30% de água. 5% em massa de polipropileno glicol foi adicionado à solução como agente plastificante. As zeínas foram extraídas de milho segundo procedimento adotado (FORATO et al., 2004). Neste caso a dissolução é rápida, necessitando apenas agitação moderada por curto período de tempo.

## 2.2. Revestimento das Frutas

Vinte frutos comerciais de maçãs da cv. Gala, de tamanhos e massas aproximadamente semelhantes, foram utilizados no experimento. As maçãs passaram por um processo de assepsia, sendo lavadas com água e detergente comercial e posteriormente foram enxutas com papel tipo toalha. Os frutos foram seccionados ao meio, sendo separados em 2 lotes. As fatias receberam identificação e foram pesadas sendo que as medidas foram anotadas para posterior acompanhamento. Do primeiro lote, 10 metades foram imersas na solução de quitosana com a ajuda de um suporte metálico e as 10 metades correspondentes separadas para acompanhamento das características na ausência de cobertura.

O mesmo procedimento foi conduzido com o restante do lote: 10 metades foram imersas na solução de zeínas e suas correspondentes metades sepa-

radas para efeito de comparação.

Após o escoamento do excesso de gel, em ambos os casos as amostras foram deixadas secar em condição ambiente. A cura (polimerização) do filme deu-se espontaneamente como consequência da evaporação do solvente. A Figura 2 ilustra a sequência geral de preparação dos géis e do revestimento adotada neste trabalho.

As maçãs fatiadas (revestidas e não-revestidas) foram armazenadas em condições não controladas (em temperatura ambiente variável entre 25-30°C e umidade relativa próxima a 76%). Perdas de massa foram registradas diariamente por medida em balança analítica. O efeito antifúngico foi avaliado para a cobertura com quitosana, após contaminação forçada de *Penicillium* sp. O acompanhamento foi realizado por registro fotográfico diário, fazendo uso de rotina de análise de imagens, empregando o programa ImageTool v.3 (UTHSCSA), conforme procedimento previamente descrito (ASSIS & GOUVÊA, 2006).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Revestimento e Perda de Massa

A polimerização dos filmes se dá em consequência da evaporação do solvente. As características estruturais, como o volume depositado e textura desses filmes, estão relacionados com a concentração de polímero dissolvido (ASSIS & CAMPANA-FILHO, 2002). Análises microscópicas têm indicado que os filmes depositados têm espessuras bem inferiores a 1 µm, sendo caracterizados por topografia irregular e porosa (ASSIS et al., 2002).

Como resultado da aplicação, uma ligeira mudança na coloração da superfície cortada é observada para ambos os materiais, com tendência a um tom tirante a amarelo ou a verde suave. Após a secagem, os filmes resultantes apresentam boa aderência, sendo totalmente transparentes embora com ligeiras alterações de brilho.



As variações observadas na cor da polpa ou pericarpo são provavelmente resultantes do contato com meio ácido, associado a reações de ocorrência natural. O escurecimento é um processo natural em frutas e em certos vegetais, sendo iniciado pela oxidação enzimática de compostos fenólicos pelos polifenóis oxidases (PPO). O produto final da oxidação é a quinona, que se polimeriza formando um pigmento escuro insolúvel denominado melanina.

Segundo Soliva-Fortuny & Martin-Belloso, 2003, nos frutos em que os PPO são as principais causas do escurecimento, como nas maçãs, temperaturas superiores a 20°C são determinantes para desencadear essas reações, embora o contato com meio ácido também contribua para uma maior oxidação superficial (LUPETTI et al., 2005). Com respeito a esse último fator foi observado, contudo, que o tempo de contato com as soluções (imersões de 3 a 8 segundos) aparentemente não teve influência decisiva na cor final do fruto.

Uma formulação ideal para o desenvolvimento de filmes sobre superfícies cortadas seria o uso de matérias primas solubilizadas em meio inerte.

No caso da quitosana, que é solúvel em pHs abaixo de 6, temos observado que com o aumento do pH para valores acima de 7 reduz as ações negativas sobre o pericarpo (ASSIS & PESSOA, 2004).

Com respeito à desidratação, a Figura 3 apresenta a variação relativa de perda de massa conforme média diária, medida ao longo de 20 dias nas amostras não-revestidas e revestidas com quitosana e com as zeínas, em condições ambientais não-controladas.

Comparando os resultados vemos que nas condições aqui avaliadas, os revestimentos de zeínas acusam uma maior preservação da massa inicial, com significativa proteção principalmente a partir do sexto dia de estocagem. Como as perdas de massa ocorrem essencialmente pelo processo de desidratação, as zeínas, por serem hidrofóbicas, geram filmes que apresentam barreiras mais eficientes à permeação do vapor de água. Este contudo, não é um resultado universal. O comportamento pode ser diferente para diferentes frutos, com características climáticas ou não, ou em função do tipo de processamento, ou da umidade local.

Os resultados indicam também que mesmo para a quitosana, um material tipicamente hidrofílico, há a redução da permeação de vapores e voláteis, em concordância com a literatura, que tem mostrado que mesmo polímeros hidrofílicos, especialmente os altamente polares como a quitosana, podem, em função da umidade relativa em sua matriz, mudar significativamente sua permeabilidade a gases (ITO et al., 1997). Resultados apresentados por Despond et al., (2001), indicam que para uma espessura constante e uma porosidade específica, a permeação torna-se sensível à concentração de água adsorvida pela película. Na realidade, a permeabilidade do filme pode ser alterada não somente devido à umidade ambiental mas, e principalmente, pela incorporação de elementos aquosos celulares oriundos da polpa da fruta (BALDWIN et al., 1996), o que provavelmente ocorre no revestimento dos frutos processados.

Worrell et al., 2002, tem destacado que coberturas que apresentam as melhores propriedades são aquelas que estruturalmente conseguem estabelecer uma boa diferença entre a pressão de

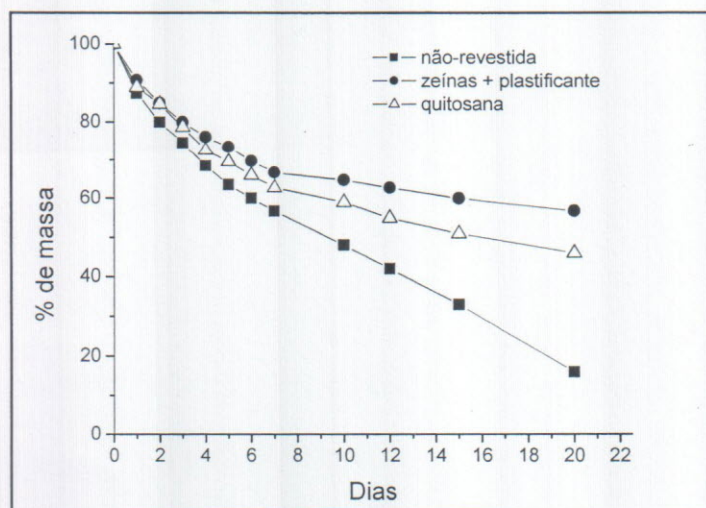


Figura 3. Variação de massa ao longo do tempo para amostras fatiadas, não revestidas e revestidas, com filme hidrofílico (quitosana) e hidrofóbico (zeínas).

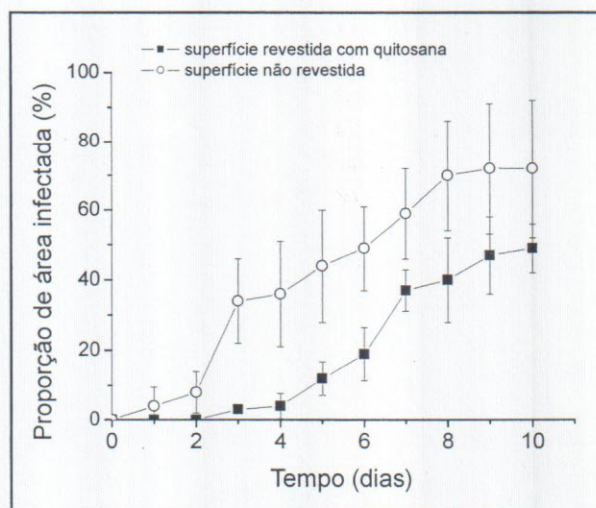


Figure 4. Evolução de área infectada por *Penicillium* sp ao longo de 10 dias, em superfície cortada, revestida e não revestida por quitosana, de acordo com avaliação por análise de imagens.



vapor internamente ao fruto e de sua vizinhança.

### 3.2. Atividade fungistática

Quitosana tem sido reconhecida como um material com excelentes propriedades bactericidas e fungistáticas, características estas relacionadas à habilidade da quitosana em induzir alterações morfológicas nas paredes celulares dos microorganismos (DEVLIÉGHIERE et al., 2004).

Por simples acompanhamento da evolução da área infectada, temos a clara evidência do efeito protetor do crescimento de fungos. A Figura 4 apresenta o perfil cinético da evolução, na qual observa-se uma clara redução da taxa de proliferação, principalmente nos primeiros 1-4 dias e exposição ao *Penicillium* sp.

O modelo mais aceito para explicar a ação antimicrobiana da quitosana diz respeito a natureza policatiónica deste polissacarídeo que interage com os sítios aniônicos nas proteínas. Esta interação é mediada por forças eletrostáticas entre os grupos NH<sub>2</sub> protonados da quitosana e os resíduos negativos presentes nas paredes celulares dos microorganismos. Esta interação interfere na permeabilidade da parede celular, principalmente em fungos promovendo um desequilíbrio osmótico. Como resultado tem-se uma lixiviação de eletrólitos e proteínas, que são agressivas a bactérias e fungos ( TSAI & SU, 1999). Jung et al., (1999) resumiram os mecanismos através da atividade bactericida da quitosana como 2 principais ações: 1) as cargas positivas dos grupos amino ligados a ácidos sialínicos presentes nos fosfolípidios, consequentemente inibindo o movimento das substâncias microbianas; (2) estrutura oligomérica da quitosana penetra no interior das células dos microorganismos impedindo a transcrição do DNA em RNA. Vasyukova et al., 2001 contudo, aponta como principal efeito antimicrobiano da quitosana sua ação em induzir a acumulação de fitoalexinas

sobre os tecidos, o que provoca alterações na composição de esteróis, produzindo efeitos adversos sobre infestantes.

### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Filmes e coberturas comestíveis elaborados a partir de polissacarídeos ou proteínas, podem satisfatoriamente ser empregados como revestimento protetor sobre frutos fatiados ou *in natura*. As mais importantes funções dessas coberturas são o controle sobre a transferência de massa, proteção mecânica durante o transporte e a preservação por um maior período do aspecto visual, gerando assim um apelo sensorial. De um modo geral, tanto filmes hidrofílicos quanto hidrofóbicos atuam razoavelmente na preservação de frutos fatiados, reduzindo sua desidratação e inibindo o ataque por microorganismos. Em alguns tipos de produtos, certamente, o emprego de coberturas poderá potencialmente vir a substituir as embalagens comerciais, ou reduzir o emprego de condições favoráveis de conservação como refrigeração ou atmosferas controladas, reduzindo os custos de preservação.

### 5. REFERÊNCIAS

- AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruits and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, v.7, n.6, p.179-187, 1996.
- ANDRES, C. Natural edible coatings has excellent moisture and grease barrier properties. *Food Processing*, v. Dec, p. 48-49, 1984.
- ASSIS, O.B.G.; CAMPANA FILHO, S.P. Chitosan self-assembled Thin-film: Influence of Solution concentration on The Film roughness and thickness. In: *The VIII Latinamerican Symposium on Polymers, (Proceedings of SLAP' 2002)*, Acapulco, Mx., p. 599-600, 02.
- ASSIS, O.B.G.; BERNADES-FILHO, R.; VIERA, D.C.; CAMPANA-FILHO, S.P. AFM Characterization of Chitosan Self-Assembled Films. *International Journal of Polymeric Materials*, v. 51, n. 7, p. 633-638, 2002.
- ASSIS, O.B.G.; GOUVÊA, S.P. Evaluation of fungi growth on cut apples using a simple image analysis technique. *Submetido ao Brazilian Journal of Food Science and Technology*, 2006.
- ASSIS, O.B.G.; PESSOA, J.D.C. Preparation of thin-film of Chitosan for use as edible coating to inhibit fungal growth on sliced fruits. *Brazilian Journal of Food Science and Technology*, v.7, p.17-22, 2004.
- BALDWIN E.A. Surface treatment and edible coatings in food preservation. In: *Handbook of food preservation*. (RAHMAN, S. ed.), Marcel Decker, N. York, USA. p. 615-648, 1999.
- BALDWIN, E.A.; NISPEROS-CARRIEDO, M.O.; BAKER, R.A. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, v.30, n.1, p.35-38, 1995.
- BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; FERNÁNDEZ-MOLINA, J.J.; ALZAMORA S.M.; TAPIA, M.S.; LÓPEZ-MALO, A.; CHANES, J. W.. 2003. *Handling and Preservation of Fruits and Vegetables by Combined Methods for Rural Areas. Technical Manual FAO Agricultural Services Bulletin 149. Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Rome. 106 p., 2003.
- BENDER, R.J.; LUNARDI, R. Perdas qualitativas de maçãs CV Gala em armazenamento refrigerado. *Ver. Bras. de Fruticultura*, v.23, n.3, p. 563-567, 01.
- BETT, K. L.; INGRAM, D. A.; GRIMM, C. C.; LLOYD, S. W.; SPANIER, A. M.; MILLER, J.M.; GROSS, K.C.; BALDWIN, E.A.; VINYARD, B.T. Flavor of fresh-cut gala apples, in barrier film packaging as affected by storage time. *Journal of Food Quality*, v. 24, n. 2, p. 141-156, 2001.
- BOLLER, T. Ethylene in pathogen and disease resistance. In: MATTOO, A.K.; SUTTLE, J.C. (Ed.). *The plant hormone ethylene*. CRC Press., p.293-3134, 1991.



- BRITTO, D.; CAMPANA FILHO, S.P.; ASSIS, O.B.G. Mechanical Properties of N,N,N-trimethylchitosan Chloride Films. *Polimeros: Ciência e Tecnologia*, v.15, n.2, p.129-132, 2005.
- CLEMENTE, E.S.O. O Mercado de vegetais minimamente processados. *Seminário sobre Hortaliças Minimamente Processadas*, Piracicaba, ESALQ, 1999.
- DESPOND, S.; ESPUCHE, E.; DOMARD, A. Water Sorption and Permeation in Chitosan Films: Relation between Gas Permeability and Relative Humidity. *Journal of Polymer Science.: Part B: Polymer Physics*. v.39, p.3114-3127, 2001.
- DEVLEIGH, F.; VERMEULEN, A.; DEBEVERE, J. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology*, v.42, p.703-714, 2004.
- FARES, C.B.; NANTES, J.F.D. Transações comerciais entre a indústria de vegetais minimamente processados e o setor varejista. In *IV Congresso Internacional de Economia e Gestão de Redes Agroalimentares*, 2001.
- FORATO, L.A.; YUSHMANOV, V.; COLNAGO, L.A. The interaction of two prolamins with 1-13C oleic acid by 13C NMR. *Biochemistry*, v.43, p.7121-7126, 2004.
- HARDENBURG, R.E. Wax and related coatings for horticultural products. A bibliography. *Agr. Res. Bulletin* 51-15. US. Dept of Agriculture. Washington, DC, 1967.
- HOFFMAN, H.I.; HAN, I.Y.; DAWSON, O.I. Antimicrobial effects of corn zein films impregnated with Nisin, Lauric acid and EDTA. *Journal of food Protection*, v.64, n.6, 885-889, 2001.
- ITO, A.; SATO, M.; ANMA, T. Permeability of CO<sub>2</sub> through chitosan membrane swollen by water vapor in feed gas. *Die Angewandte Makromolekulare Chemie*, n.248, p.85-94, 1997.
- JUNG, B.O.; KIM, C.O.; CHOI, K.K.; LEE, Y.M.; KIM, J.J. Preparation of amphiphilic chitosan and their antimicrobial activities. *Journal of Applied Polymer Science*, v.72, p.1713-1719, 1999.
- KESTER, J.J.; FENNEMA, O.R. Edible films and coatings: a review. *Food Technology*, v.42, p.47-59, 1988.
- LEE, L.; ARUL, J.; LENCKI, R.; CASTAIGNE, F. A review on modified atmosphere packaging and preservation of fresh fruits and vegetables: Physiological basis and practical aspects - Part 1. *Packing Technology and Science*, n.8, p. 315-331, 1995.
- LIN, B.-H. Fruit and Vegetable Consumption Looking Ahead to 2020. *Agriculture Information Bulletin* 792-7, October 2004. *Economic Research Service / USDA*, 4p.
- LUPETTI, K.O.; CARVALHO, L.C.; MOURA, A.F. Image analysis in analytical chemistry: didactic and simple methodologies to understand and prevent the browning of vegetable tissues. *Química Nova*, v.28, n.3, p.548-554, 2005.
- MARTÍN-BELLOSO, O., SOLIVA-FORTUNY, R.C., BALDWIN, E.A. Conservación mediante recubrimientos comestibles. In: *Nuevas Tecnologías de Conservación: Productos Vegetales Frescos Cortados*. (GONZÁLEZ-AGUILAR, et al., eds.) Cap.15, p.340-356, 2005.
- NASSU, R. T.; LIMA, J. R.; SOUZA-FILHO, M.S. M. Consumer's acceptance of fresh and combined methods processed melon, mango and cashew apple. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.23, n.3, p.551-554, 2001.
- OSTLER, A.H.; BRACKMANN, A. Condições de armazenamento refrigerado e atmosfera controlada para maçã (*Malus domestica*, Borkh) "Golden Delicious". *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.21, n.1, 40-44, 1999.
- POL, H.; DAWSON, P.; ACTON, J.; OGALÉ, A. Soy Protein Isolate/Corn-Zein Laminated Films: Transport and Mechanical Properties. *Journal of Food Science*, v.67, p.212-217, 2002.
- QI, L.; WU, T.; WATADA, A. E. Quality changes of fresh-cut honeydew melons during controlled atmosphere storage. *Journal of Food Quality*, n.22, p.513-521, 1999.
- SIGNINI, R.; CAMPANA-FILHO, S.P.F. Purificação e Caracterização de Quitosana Comercial. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v.4, p.63-68, 1998.
- SOBRAL, P.J. DO A. (2000) Influência da espessura de biofilmes feitos à base de proteínas miofibrilares sobre suas propriedades funcionais, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, p.1251-1259.
- SOLIVA-FORTUNY, R. C.; MARTÍN-BELLOSO, O. New advances in extending the shelf-life of fresh cut fruits: a review. *Trends on Food Science and Technology*, v.14, p. 341-353, 2003.
- SOLOMOS, T. Principles underlying modified atmosphere packaging. In R. C. Wiley (Ed.), *Minimally processed refrigerated fruits & vegetables*. Chapman and Hall, New York, p. 183-225, 1997.
- TSAI, G.J.; SU, W.H. Antibacterial activity of shrimp chitosan against *Escherichia coli*. *Journal of Food Protection*, v.62, p.239-243, 1999.
- VASYUKOVA, N.I.; ZINOVEVA, S.V.; ILINSKAYA, L.I.; PEREKHOD, E.A.; CHALENKO, G.I.; GERASIMOVA, N.G.; ILINA, A.V.; VARLAMOV, V.P.; OZERETSKOVSKAYA, O.L. Modulation of Plant Resistance to Diseases by Water-Soluble Chitosan. *Applied Biochemistry and Microbiology*, v.37, n.1, p.103-109, 2001.
- ZACARÍAS, L. Etileno. In: AZCÓN-BIETO, J. & TALÓN, M. (Eds.). *Fisiología y bioquímica vegetal*. McGraw-Interamericana, p.343-356, 1993.
- WILEY, R.C. Métodos de conservación de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. In: *Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas*. (WILEY, R. C. Ed.), Editorial Acirbia, Zaragoza, p.65-129, 1997.
- WORRELL, D.B.; CARRINGTON, C.M.S.; HUBER, D.J. The use of low temperature and coating to maintain storage quality of breadfruit, *Artocarpus altilis* (Parks.) Fosb. *Postharvest Biology and Technology*, v.25, p.33-40, 2002. ♦